



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 49 462 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**G 01 D 5/24**  
G 01 P 15/125  
G 01 D 3/06  
B 81 B 3/00

②1 Aktenzeichen: 100 49 462.5  
②2 Anmeldetag: 6. 10. 2000  
④3 Offenlegungstag: 11. 4. 2002

DE 100 49 462 A 1

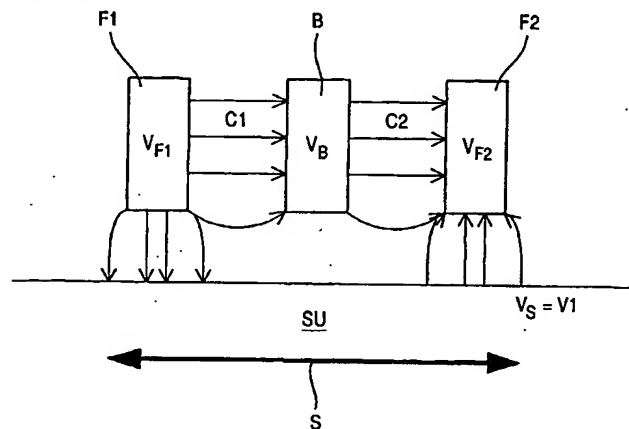
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Tanten, Leo, 72768 Reutlingen, DE; Franz, Jochen,  
Dr., 72762 Reutlingen, DE; Schoeffthaler, Martin, Dr.,  
72762 Reutlingen, DE; Rohr, Marius, 72760  
Reutlingen, DE; Emmerich, Harald, 88471  
Laupheim, DE; Maute, Matthias, 72072 Tübingen,  
DE; Walker, Thomas, 72127 Kusterdingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zum elektrischen Nullpunktabgleich für ein mikromechanisches Bauelement

⑤7 Die Erfindung schafft ein Verfahren zum elektrischen Nullpunktabgleich für ein mikromechanisches Bauelement mit einer ersten über einem Substrat (SU) fest aufgehängten Kondensatorelektrode (F1), einer zweiten über dem Substrat (SU) fest aufgehängten Kondensatorelektrode (F2) und einer dritten dazwischen angeordneten über dem Substrat (SU) federnd auslenkbar aufgehängten Kondensatorelektrode (B), und einer Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Differenzkapazität der Kapazitäten C1, C1'; C2, C2') der derart gebildeten veränderlichen Kondensatoren (F1, B; B, F2). Es erfolgen dabei ein Anlegen eines ersten elektrischen Potentials ( $V_{F1}$ ) an die erste Kondensatorelektrode (F1); ein Anlegen eines zweiten elektrischen Potentials ( $V_{F2}$ ) an die zweite Kondensatorelektrode (F2); ein Anlegen eines dritten elektrischen Potentials ( $V_B$ ) an die dritte Kondensatorelektrode (B); und ein Anlegen eines vierten elektrischen Potentials ( $V_S$ ) an das Substrat (SU). Das an das Substrat (SU) angelegte vierte elektrische Potential ( $V_S$ ) wird zum elektrischen Nullpunktabgleich für den Betrieb der Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung verändert.



DE 100 49 462 A 1

## STAND DER TECHNIK

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum elektrischen Nullpunktgleich für ein mikromechanisches Bauelement mit einer ersten über einem Substrat fest aufgehängten Kondensatorelektrode, einer zweiten über dem Substrat fest aufgehängten Kondensatorelektrode und einer dritten dazwischen angeordneten über dem Substrat federnd auslenkbar aufgehängten Kondensatorelektrode, und einer Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Differenzkapazität der Kapazitäten der derart gebildeten veränderlichen Kondensatoren.

[0002] Obwohl auf beliebige mikromechanische Bauelemente und Strukturen, insbesondere Sensoren und Aktuatoren, anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrundeliegende Problematik in bezug auf einen in der Technologie der Silizium-Oberflächenmikromechanik herstellbaren mikromechanischen Coriolis-Beschleunigungssensor eines Drehratensensors erläutert.

[0003] Beschleunigungssensoren im allgemeinen, und insbesondere mikromechanische Beschleunigungssensoren in der Technologie der Oberflächen- bzw. Volumenmikromechanik, gewinnen immer größere Marktsegmente im Kraftfahrzeugausstattungs-bereich und ersetzen in zunehmendem Maße die bisher üblichen piezoelektrischen Beschleunigungssensoren.

[0004] Die bekannten mikromechanischen Beschleunigungssensoren funktionieren üblicherweise derart, daß die federnd gelagerte seismische Masseneinrichtung, welche durch eine externe Beschleunigung in mindestens eine Richtung auslenkbar ist, bei Auslenkung eine Kapazitätsänderung an einer damit verbundenen Differentialkondensatoreinrichtung bewirkt, die ein Maß für die Beschleunigung ist. Diese Elemente sind üblicherweise in Polysilizium, z. B. Epitaxie-Polysilizium, über einer Opferschicht aus Oxid strukturiert.

[0005] Mikromechanische Sensorelemente werden allgemein aber nicht nur zur Detektion von linearen und rotativen Beschleunigungen, sondern auch zur Detektion von Neigungen und Rotationsgeschwindigkeiten verwendet. Meist findet dabei das besagte differenzkapazitive Messprinzip Anwendung, bei dem die Messgröße, beispielsweise die Beschleunigung, eine Lageänderung einer beweglichen Kondensatorelektrode einer mikromechanischen Sensorstruktur hervorruft, wodurch durch zwei entsprechende feststehende Kondensatorelektroden, welche beiderseits der beweglichen Kondensatorelektrode angeordnet sind, gegenläufig ihrer elektrischen Messkapazitätenwerte ändern. Mit anderen Worten nimmt die Kapazität des einen Kondensators um einen bestimmten Betrag zu, und die Kapazität des anderen derart gebildeten Kondensators um einen entsprechenden Wert ab, und zwar aufgrund entsprechender Änderungen der Kondensatorelektrodenabstände.

[0006] Kleinste Unsymmetrien in der Nulllage solcher Messstrukturen oder in den parasitären Kapazitätsanteilen des betreffenden mikromechanischen Sensorelement führen dabei zu einem elektrischen Offset bzw. einer elektrischen Nullpunktverschiebung am Ausgang des Sensorelements. Solch ein Offset wird üblicherweise beim individuellen Sensorabgleich durch Addition einer entsprechenden Spannung bzw. eines entsprechenden Stroms im betreffenden Signalpfad der Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung kompensiert.

[0007] Durch solch ein Eingriff in den betreffenden Signalpfad beim Offsetabgleich des Sensors können unbeab-

sichtigt wichtige andere Funktionsparameter negativ beeinflusst werden, beispielsweise können Temperaturgänge im Offset entstehen oder eine gleichzeitige Änderung der Signalverstärkungen und der Sensorempfindlichkeit o. ä. auftreten. Dies führt dann zu weiteren Kompensation- und Abgleichanforderungen und erhöht den Sensorabgleichaufwand erheblich.

[0008] Des weiteren ist die Stufung eines derartigen Offsetabgleichs von der Gesamtverstärkung des betreffenden Signalpfads abhängig, beispielsweise von der abzugleichenden Nennempfindlichkeit, sofern zumindest ein Teil des Verstärkungsabgleichs erst hinter dem Offsetkompensationspunkt durchgeführt wird.

## VORTEILE DER ERFINDUNG

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren zum elektrischen Nullpunktgleich für ein mikromechanisches Bauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. die entsprechende Vorrichtung nach Anspruch 4 weisen den Vorteil auf, daß der Offsetabgleich bzw. Nullpunktgleich eines mikromechanischen, kapazitiv ausgewerteten Sensorelements außerhalb des empfindlichen Signalpfads, d. h. unabhängig von Verstärkungsfaktoren, und ohne Einbringen parasitärer Signalverzerrungen, z. B. durch Temperaturgänge, erfolgen kann.

[0010] Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Idee besteht darin, daß das an das Substrat angelegte vierte elektrische Potential zum elektrischen Nullpunktgleich für den Betrieb der Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung verändert wird.

[0011] In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des jeweiligen Gegenstandes der Erfindung.

[0012] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung sind die zur Differenzkapazitäts-Erfassung erforderlichen Potentiale getaktet anlegbar.

[0013] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist das mikromechanische Bauelement eine Interdigital-Kondensatoreinrichtung mit einer Vielzahl von beweglichen und festen Kondensatorelektroden auf.

## ZEICHNUNGEN

[0014] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0015] Es zeigen:

[0016] Fig. 1 eine partielle Schnittdarstellung von einem Beschleunigungssensor gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei einem ersten Substratpotential; und

[0017] Fig. 2 eine partielle Schnittdarstellung von dem Beschleunigungssensor gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei einem zweiten Substratpotential.

## BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0018] In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten.

[0019] Fig. 1 zeigt eine partielle Schnittdarstellung von einem Beschleunigungssensor gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei einem ersten Substratpotential. Die in Fig. 1 gezeigte schematische Schnittdarstellung illustriert drei Kondensatorelektroden für eine differenzkapazitive Signalauswertung.

[0020] Dabei bezeichnen in Fig. 1 F1 eine erste über ei-

nem Substrat SU fest aufgehängte Kondensatorelektrode, F2 eine zweite über dem Substrat SU fest aufgehängte Kondensatorelektrode und B eine dritte dazwischen angeordnete über dem Substrat SU auslenkbar aufgehängte Kondensatorelektrode. Die dritte Kondensatorelektrode B ist über eine Federeinrichtung in ihre Ruhelage zurückbringbar.

[0021] Die drei Elektroden F1, B, F2 sind mit einer (nicht gezeigten) Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Differenzkapazität der Kapazitäten C1, C2 der derart gebildeten veränderlichen Kondensatoren F1, B; B, F2 verbunden.

[0022] An der ersten feststehenden Kondensatorelektrode F1 liegt das elektrische Potential  $V_{F1}$ , an der zweiten Kondensatorelektrode F2 liegt das elektrische Potential  $V_{F2}$ , und an der dritten Kondensatorelektrode liegt das elektrische Potential  $V_B$ . Beispielsweise ist  $V_{F1} = 5 \text{ V}$ ,  $V_{F2} = 0 \text{ V}$  und  $V_B = 2,5 \text{ V}$ . Weiterhin liegt am Substrat SU das elektrische Potential  $V_S = V_1$  von z. B.  $2,5 \text{ V}$ . Schematisch angedeutet in Fig. 1 ist weiterhin das sich daraus ergebene elektrische Feldlinienbild. Der Doppelpfeil in Figur deutet die Erfassungsrichtungen für Auslenkungen der beweglichen dritten Kondensatorelektrode B an.

[0023] Die zur Kapazitätsmessung erforderlichen Potentiale werden dabei in der Praxis auf den Kondensatorelektroden nicht statisch angelegt, sondern getaktet.

[0024] Zur Vereinfachung der Diskussion sei eine völlige Symmetrie in den Abständen der Kondensatorelektroden F1, F2, B zueinander, aber eine Asymmetrie der parasitären Kapazitäten angenommen, so daß ein Nullpunktgleich erforderlich ist.

[0025] Die in der Erfassungsrichtung S wirkende resultierende Kraft auf die bewegliche dritte Kondensatorelektrode B bei den gemäß Fig. 1 angelegten elektrischen Potentialen  $V_{F1}$ ,  $V_B$ ,  $V_{F2}$ ,  $V_S$  sei Null.

[0026] Fig. 2 zeigt eine partielle Schnittdarstellung von dem Beschleunigungssensor gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung bei einem ersten Substratpotential.

[0027] Wird nun das elektrische Potential  $V_S$  des Substrats SU von  $V_1 = 2,5 \text{ V}$  auf  $V_2 = 3 \text{ V}$  verändert, so kann je nach Änderungsrichtung durch eine entstehende unsymmetrische laterale Feldlinienverteilung eine kleine elektrische Kraft K in einer Erfassungsrichtung S auf die bewegliche Kondensatorelektrode B ausgeübt werden. Mit anderen Worten werden durch die Veränderung des elektrischen Potentials  $V_S$  des Substrats SU von  $V_1 = 2,5 \text{ V}$  auf  $V_2 = 3 \text{ V}$  die elektrischen Feldlinien verzerrt, was zu der resultierenden Kraft K führt.

[0028] Diese Kraft K führt zu einer lateralen Auslenkung der beweglichen Kondensatorelektrode B und damit zu einer Vereinstimmung der Kapazitätswerte C1, C2 auf neue Kapazitätswerte C1', C2' von beiden Kondensatoren F1, B; B, F2 und somit zu einer Veränderung des Nullpunkts am Ausgang der Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung.

[0029] Für ein elektrisches Potential  $V_S$  des Substrats SU, dass niedriger läge als dasjenige der beweglichen Kondensatorelektrode B, ergäbe sich eine Kraft in der entgegengesetzten Richtung im Vergleich zu Fig. 2.

[0030] Wesentlich dabei ist, dass das elektrische Potential  $V_S$  des Substrats SU dabei vollkommen unabhängig vom Signalverstärkungspfad variiert werden kann, und somit die beim Stand der Technik auftretenden Nachteile vermieden werden können.

[0031] Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

[0032] In den obigen Beispielen ist der erfindungsgemäße

Beschleunigungssensor in einfachen Formen zur Erläuterung seiner Grundprinzipien erläutert worden. Kombinationen der Beispiele und wesentlich kompliziertere Ausgestaltungen unter Verwendung derselben Elemente bzw. Verfahrensschritte sind selbstverständlich denkbar.

[0033] Es können auch beliebige mikromechanische Grundmaterialien verwendet werden, und nicht nur das hiermit exemplarisch angeführte Siliziumsubstrat.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum elektrischen Nullpunktgleich für ein mikromechanisches Bauelement mit einer ersten über einem Substrat (SU) fest aufgehängten Kondensatorelektrode (F1), einer zweiten über dem Substrat (SU) fest aufgehängten Kondensatorelektrode (F2) und einer dritten dazwischen angeordneten über dem Substrat (SU) federnd auslenkbar aufgehängten Kondensatorelektrode (B), und einer Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Differenzkapazität der Kapazitäten (C1, C1'; C2, C2') der derart gebildeten veränderlichen Kondensatoren (F1, B; B, F2) mit den Schritten:

Anlegen eines ersten elektrischen Potentials ( $V_{F1}$ ) an die erste Kondensatorelektrode (F1);  
Anlegen eines zweiten elektrischen Potentials ( $V_{F2}$ ) an die zweite Kondensatorelektrode (F2); und  
Anlegen eines dritten elektrischen Potentials ( $V_B$ ) an die dritte Kondensatorelektrode (B); und  
Anlegen eines vierten elektrischen Potentials ( $V_S$ ) an das Substrat (SU)

dadurch gekennzeichnet, daß

das an das Substrat (SU) angelegte vierte elektrische Potential ( $V_S$ ) zum elektrischen Nullpunktgleich für den Betrieb der Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung verändert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Differenzkapazitäts-Erfassung erforderlichen Potentiale ( $V_{F1}$ ,  $V_B$ ,  $V_{F2}$ ,  $V_S$ ) getaktet angelegt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das mikromechanische Bauelement eine Interdigital-Kondensatoreinrichtung mit einer Vielzahl von beweglichen und festen Kondensatorelektroden aufweist.

4. Vorrichtung zum elektrischen Nullpunktgleich für ein mikromechanisches Bauelement mit einer ersten über einem Substrat (SU) fest aufgehängten Kondensatorelektrode (F1), einer zweiten über dem Substrat (SU) fest aufgehängten Kondensatorelektrode (F2) und einer dritten dazwischen angeordneten über dem Substrat (SU) federnd auslenkbar aufgehängten Kondensatorelektrode (B), und einer Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung zum Erfassen einer Differenzkapazität der Kapazitäten (C1, C1'; C2, C2') der derart gebildeten veränderlichen Kondensatoren (F1, B; B, F2) mit: einer Potentialversorgungseinrichtung zum Anlegen eines ersten elektrischen Potentials ( $V_{F1}$ ) an die erste Kondensatorelektrode (F1); zum Anlegen eines zweiten elektrischen Potentials ( $V_{F2}$ ) an die zweite Kondensatorelektrode (F2); zum Anlegen eines dritten elektrischen Potentials ( $V_B$ ) an die dritte Kondensatorelektrode (B); und zum Anlegen eines vierten elektrischen Potentials ( $V_S$ ) an das Substrat (SU); dadurch gekennzeichnet, daß die Potentialversorgungseinrichtung derart gestaltet ist, daß sie das an das Substrat (SU) angelegte vierte elektrische Potential ( $V_S$ ) zum elektrischen Nullpunktgleich für den Betrieb

der Differenzkapazitäts-Erfassungseinrichtung verändern kann.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Differenzkapazitäts-Erfassung erforderlichen Potentiale ( $V_{F1}$ ,  $V_B$ ,  $V_{F2}$ ,  $V_S$ ) getaktet anlegbar sind. 5

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das mikromechanische Bauelement eine Interdigital-Kondensatoreinrichtung mit einer Vielzahl von beweglichen und festen Kondensatorelektroden aufweist. 10

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

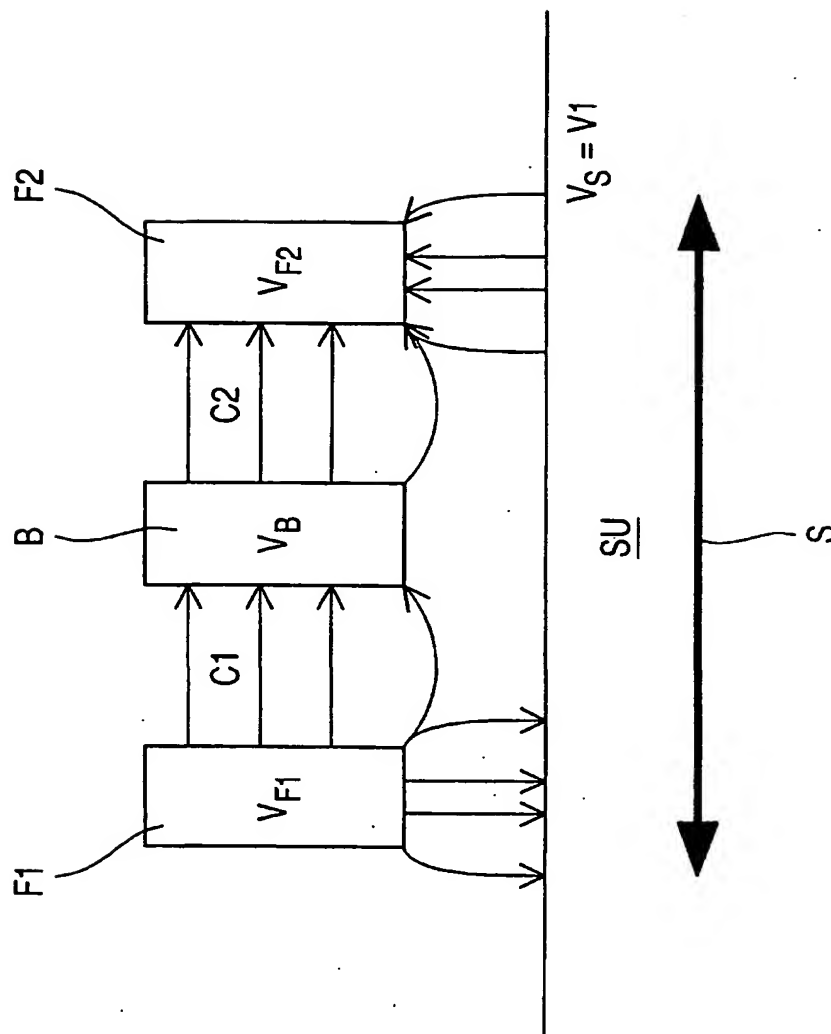


Fig. 1

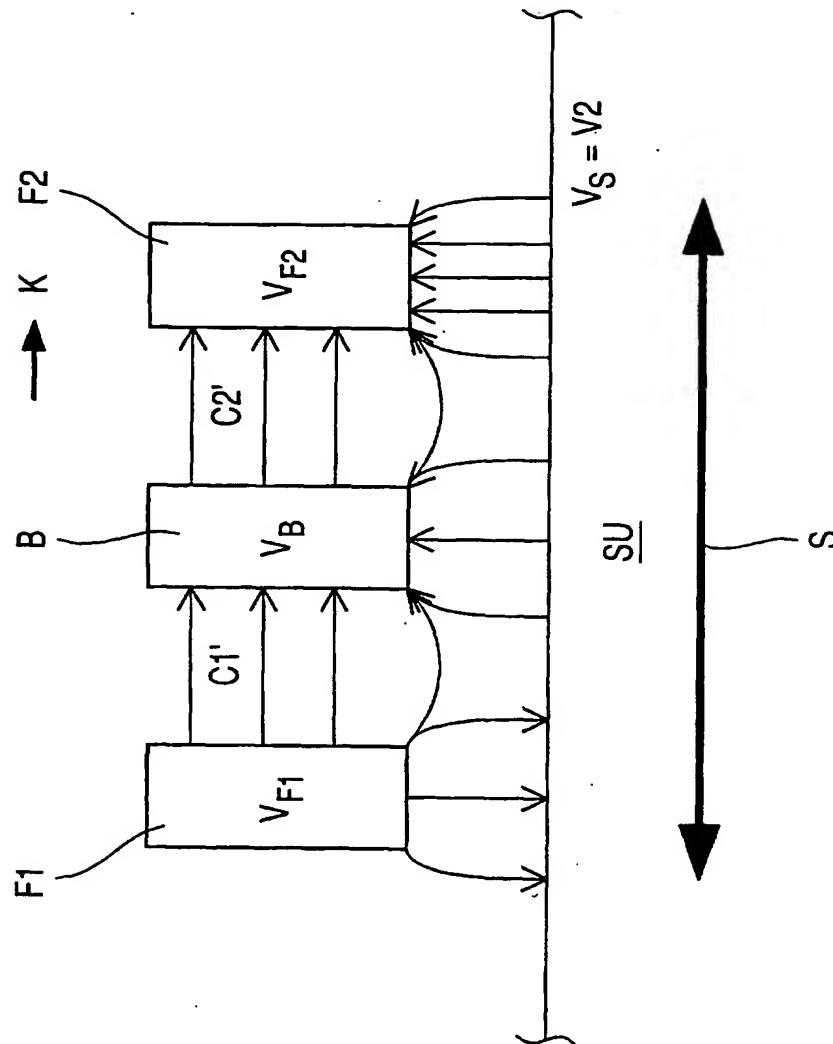


Fig. 2